

BAB VI

PERHITUNGAN SISTEM PIPA

(PIPING SYSTEM)

A. Umum

Sistem pipa merupakan bagian utama suatu sistem yang menghubungkan titik dimana, fluida disimpan ke titik pengeluaran semua pipa baik untuk memindahkan tenaga atau pemompaan harus dipertimbangkan secara teliti karena keamanan dari sebuah kapal akan tergantung pada susunan perpipaan seperti halnya pada perlengkapan kapal lainnya.

B. Materi Instalasi Pipa

Bagian yang diperlukan dalam instalasi system pipa, sambungan aliran, pengatur katup dan lain-lain :

- ❖ Pipa adalah bagian utama dari suatu system yang menghubungkan titik dimana fluida disimpan ke titik pengeluaran.
- ❖ Sambungan adalah peralatan yang menghubungkan pipa satu ke pipa yang lain atau dari pipa ke badan kapal. Sambungan tersebut meliputi flens, sambungan T sambungan siku, sambungan melalui dinding ke sambungan melalui dinding kedap, geladak dll.
- ❖ Alat pemutus dan alat pengarah aliran (Valve) adalah peralatan yang berguna untuk memutuskan, menghubungkan, serta merubah arah kebagian yang lain dari system pipa dan juga untuk mengontrol aliran dan tekanan dari fluida.
- ❖ Pengatur katup (Valve gear) adalah peralatan untuk mengontrol katup pada system pipa baik dari tempat itu (local control) maupun dari tempat yang jauh (remote control).

C. Jenis dan Bahan Pipa

1. Jenis – jenis Pipa

Perencanaan Konstruksi, bila kita tinjau dari tujuan perencanaan dan konstruksinya pipa diatas kapal dibagi dua golongan.

- Golongan 1
Mencakup semua pipa yang mengalirkan :
 - a. Uap air dengan tekanan kerja diatas 150 psi atau temperatur kerja diatas 370°F.
 - b. Air dengan tekanan kerja diatas 150 psi atau temperatur kerja diatas 200°F.
 - c. Minyak dengan tekanan kerja diatas 150 psi atau temperatur kerja diatas 150°F.
 - d. Gas dan cairan – cairan beracun pada semua tekanan dan temperatur.
- Golongan 2
Mencakup semua pipa dengan tekanan kerja dan temperatur di bawah tekanan kerja dan temperatur yang dicantumkan dalam golongan 1.

2. Bahan – bahan Pipa

Ditinjau dari bahannya, pipa – pipa yang digunakan untuk sistem dalam kapal dibedakan menjadi beberapa macam, antara lain :

1. Seamless drawn Steel Pipe (Pipa Baja Tanpa Sambungan)

Pipa ini boleh digunakan untuk semua penggunaan dan dibutuhkan untuk pipa tekan pada sistem bahan bakar dan untuk pipa pengeluaran bahan bakar dari pompa injeksi bahan bakar dari motor pembakaran dalam

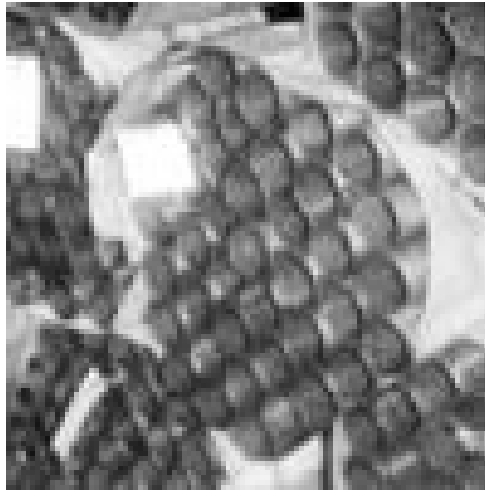


Gambar 6.1. Seamless Drawing Steel Pipe

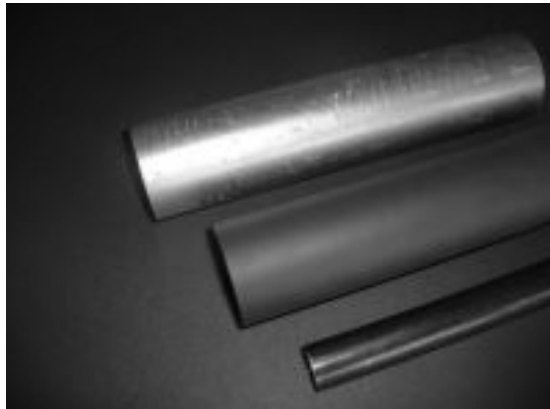
2. Lap Welded atau Electrical Resistance Welded Steel Pipe

Pipa ini seharusnya tidak dipergunakan dalam sistem dimana tekanan kerja melampaui 350 Psi atau temperature lebih besar dari pada 450° F

dan juga tidak untuk tekanan dan temperatur manapun didalam sistem dimana pipa yang tidak bersambungan dibutuhkan



Gambar 6.3. Lap Welded Steel Pipe



Gambar 6.4. Electric Resistance Welded Steel Pipe

3. Seamless drawn Pipe dari Tembaga atau kuningan

Pipa ini dapat digunakan untuk semua tujuan dimana temperatur tidak melampaui 406°F , tetapi tidak boleh dipergunakan pada superheated steam (uap dengan pemanas lanjut), biasa digunakan untuk pipa bahan bakar.



Gambar 6.2. Seamless Drawn Pipe

4. Pipa dari Timah Hitam

Dapat digunakan untuk saluran supply air laut bila cukup dilindungi terhadap kerusakan mekanis, dapat juga digunakan untuk saluran sistem bilga kecuali didalam ruangan-ruangan dimana pipa-pipa itu mudah terkena api.

5. Pipa dari Baja Tempa

Pipa jenis ini dipergunakan untuk semua pipa bahan bakar dan minyak termasuk sistem pipa lainnya yang melalui pipa bahan bakar.

6. Pipa Schedule 80 – 120

Pipa jenis ini diisyaratkan mempunyai ketebalan yang lebih tebal dibandingkan dengan jenis pipa yang lain. Dalam penggunaan pipa schedule 80 – 120 dapat difungsikan sebagai pipa hidrolis yaitu pipa dengan aliran fluida bertekanan tinggi.

7. Baja Schedule 40

Pipa ini dilindungi terhadap kerusakan mekanis yaitu perlindungan menyeluruh dengan sistem galvanis. Dengan sistem perlindungan tersebut maka pipa dapat digunakan untuk suplai air laut, dapat juga untuk saluran sistem bilga, kecuali dalam ruangan yang kemungkinan mudah terkena api sehingga dapat melebar dan merusak sistem bilga.



Gambar 6.5. Baja Schedule 40

8. Pipa Galvanis

Pipa jenis ini digunakan untuk suplai air laut (sistem Ballast dan Bilga).



Gambar 6.6. Pipa Galvanis

D. Bahan Katup dan Peralatan

Bahan dan peralatan (fitting) yang diijinkan sesuai Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia antara lain :

1. Kuningan (Brass)

Katup dengan bahan ini digunakan untuk temperatur dibawah 450° F. Bila temperatur lebih besar dari 550° F, maka digunakan material perunggu yang biasanya mempunyai diameter 3 inchi dan tekanan kerja dapat lebih besar dari 330 Psi

2. Besi (Iron)

Berbagai macam besi mulai dari cost iron yang biasanya digunakan untuk katup-katup kecil sampai high strength alloy cost yang dipakai untuk katup besar. Cost iron tidak boleh digunakan untuk katup yang memerlukan temperatur rendah atau aliran korosi.

3. Baja (Steel)

Digunakan untuk temperatur dan tekanan yang tinggi.

4. Stainless Steel

Digunakan untuk katup yang memerlukan gambar detail pipa air tawar menembus sekat / deck dengan temperatur rendah atau aliran korosif.

E. Flens

Flens untuk sistem pipa dapat dipasang pada pipa-pipa dengan salah satu cara seperti dibawah ini, dengan mempertimbangkan bahan yang digunakan.

1. Pipa-pipa baja dengan diameter nominal lebih dari 2 inchi harus dimuaikan (expended) kedalam flens baja atau dapat disekrup kedalam flens dan dilas.
2. Pipa-pipa yang lebih kecil dapat disekrup kedalam Flens tanpa dilas tetapi khusus untuk pipa-pipa uap air dan minyak juga dimuaikan (expended) untuk memastikan adanya kedapatan pada ulirnya (tight threads).
3. Flens dari besi tuang hanya dapat digunakan dengan sistem sambungan yang disekrup dan hanya boleh dipakai dalam sistem dimana penggunaanya tidak dilarang (kebocoran)
4. Pipa-pipa non ferrous harus dipatri (solder brazed), tetapi untuk diameter lebih kecil atau sama dengan 2 inchi dapat dengan sekrup.

Ketentuan Sambungan Pipa sesuai Standart JIS Tabel 6.1 (hal.807)

d	d1	D	Pe	T	h	Jumlah Baut
15	21	80	60	9	12	4
20	27,7	85	65	10	12	4
25	34	95	75	10	12	4
32	42,7	115	90	13	15	4
40	48,6	120	95	13	15	4
50	60,5	130	105	14	15	4
65	76,3	150	130	14	15	4
80	89,1	180	145	14	19	4
100	114,3	200	165	16	19	8
125	159,8	235	200	16	19	8
250	165,2	265	235	18	19	8
200	219,3	320	280	20	20	8

Keterangan :

d = Diameter dalam pipa

d1 = Diameter luar pipa

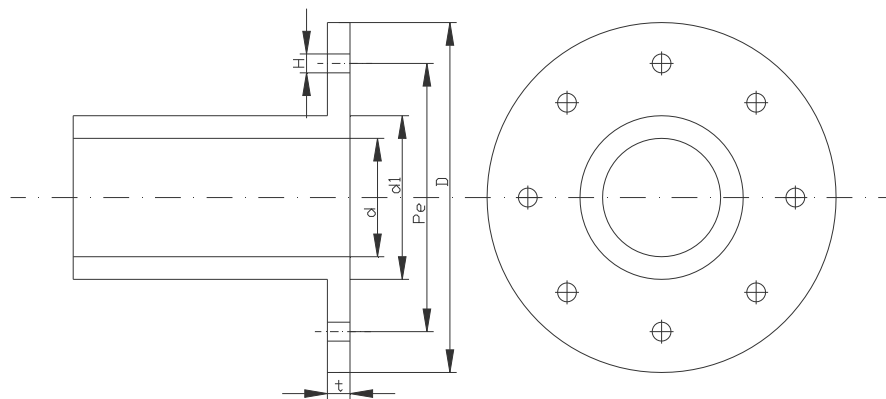
Pe = Diameter letak baut flens

D = Diameter flens

t = Tebal flens

H = Diameter baut

J.Baut = Jumlah baut



STANDART UKURAN PIPA BAJA

Tabel 6.2.
Standard Size of Steel Pipa
Complies with “JIS”

Inside Dia (mm)	Outside Dia (mm)	Nominal Size Pipe (inch)	SGP (JIS G3452) (mm)	STPG-38 Sch.40 (JIS G3454) (mm)	STPG-38 Sch.80 (JIS G3454) (mm)
6	10,5	0,25	2,0	1,7	2,4
10	17,3	0,375	2,3	2,3	3,2
15	21,7	0,5	2,8	2,8	3,7
20	27,2	0,75	2,8	2,9	3,9
25	34,0	1	3,2	3,4	4,5
32	42,7	1,25	3,5	3,6	4,9
40	48,6	1,5	3,5	3,7	5,1
50	60,5	2	3,8	3,9	5,5
65	76,3	2,5	4,2	5,2	7,0
80	89,1	3	4,2	5,5	7,6
100	114,3	4	4,5	6,0	8,6
125	139,8	5	4,5	6,6	9,5
150	165,2	6	5,0	7,1	11,0
200	216,3	8	5,8	8,2	12,7
250	267,4	10	6,6	9,3	-
300	318,5	12	6,9	10,3	-
350	355,6	14	7,9	11,1	-
400	406,4	16	7,9	12,7	-
450	457,2	18	-	-	-
500	508,0	20	-	-	-

STANDART UKURAN PIPA TEMBAGA

DIAMETER		THICKNESS	
Nominal size (mm)	Out Side (mm)	SGP (JIS G3452)	STPY (JIS G3457)
4	6	1,0	1,2
6	8	1,0	1,2
8	10	1,0	1,2
10	15	1,2	1,4
15	20	1,2	1,6
20	25	1,6	1,8
25	30	1,6	1,8
32	35	1,6	2,3
40	45	2,0	2,3
50	55	2,0	3,0
65	70	2,0	3,5
80	85	2,5	4,0
100	110	3,0	4,0
125	140	3,0	5,0
150	170	3,5	5,5
200	210	3,5	7,0
250	270	4,0	8,5
300	320	4,0	10,0

F. Ketentuan Umum Sistem Pipa

Berdasarkan USSR shipping Register semua sistem pipa secara umum harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

- Sistem pipa harus dilaksanakan sepraktis mungkin, dengan minimum bengkokan dan sambungna las (brazing) sedapat mungkin dengan flens atau sambungan yang dapat dilepas atau dipisahkan bila mana perlu.
- Semua pipa harus dilindungi sedemikian rupa sehingga terhindar dari kerusakan mekanis dan harus ditutup atau dijepit sedemikian rupa untuk menghindari getaran.

- Pada tempat-tempat dimana pipa-pipa menembus dinding kedap air, pipa-pipa dari seluruh sistem diatas kapal harus diletakan pada dinding kedap itu dengan bantuan flens-flens yang dilas atau dikeling.
- Semua lubang saluran masuk samping kapal harus ditutup dengan sebuah saringan atau kisi-kisi untuk mencegah masuknya kotoran yang akan menyumbat saluran-saluran dari bottom valves.
- Semua alat-alat pemutusan hubungan (disconnecting fittings) harus dibuat sedemikian rupa sehingga orang dengan sepintas lalu dapat melihat apakah terbuka atau tertutup.

G. Sistem Bilga

1) Sistem Bilga (Clean Bilge System and Oily Bilge System)

Cara kerja dari sistem bilga ini adalah menampung berbagai zat cair tersebut kedalam sebuah tempat yang dinamakan dengan bilge well, kemudian zat cair tersebut dihisap dengan menggunakan pompa bilga dengan ukuran tertentu untuk dikeluarkan dari kapal melalui Overboard yang tingginya 0,76 meter diatas garis air. Sedangkan zat cair yang mengandung minyak, yaitu yang tercecer didalam Engine room akan ditampung didalam Bilge Well yang terletak dibawah Main Engine, kemudian akan disalurkan menuju Incinerator dan Oily Water Separator untuk dipisahkan antara air, kotoran dan minyaknya. Untuk minyaknya akan dikeluarkan melalui Overboard.

Fungsi Sistem Bilga, Bilge sistem merupakan sistem yang dapat melakukan pemompaan terhadap fluida yang ada pada double bottom sehingga fluida tersebut yang kemungkinan bercampur dengan minyak dapat dilakukan prosesing dan kemudian air yang ada dapat dibuang keluar melalui over board.

2) Susunan pipa bilga secara umum

Susunan pipa bilga harus diketahui atau ditentukan sesuai dengan ketentuan dari Biro Klasifikasi Indonesia

- Pipa-pipa bilga dan penghisapnya harus diatur sedemikian rupa sehingga dapat dikeringkan sempurna walaupun dalam keadaan miring atau kurang menguntungkan.
- Pipa-pipa hisap harus diatur pada kedua sisi kapal, untuk ruangan-ruangan pada kedua ujung kapal masing-masing cukup dilengkapi dengan satu pipa hisap yang dapat mengeringkan ruangan tersebut.
- Ruangan yang terletak dimuka sekat tubrukan dan dibelakang tabung poros propeller yang tidak dihubungkan dengan sistem pipa pompa bilga umum harus dikeringkan dengan sistem yang memadai.

3) Pipa bilga yang melalui tangki-tangki

- Pipa-pipa bilga tidak boleh dipasang melalui tangki minyak lumas dan air minum
- Bilamana pipa bilga melalui tangki bahan bakar yang terletak diatas alas ganda dan berakhir dalam ruangan yang sulit dicapai selama pelayaran, maka harus dilengkapi dengan katup periksa atau check valve tambahan, tepat dimana pipa bilga tersebut dalam tangki bahan bakar.

4) Pipa ekspansi

Pipa ekspansi dari jenis yang telah disetujui harus digunakan untuk menampung ekspansi panas dari sistem pipa bilga, sparator ekspansi karet tidak diijinkan untuk dipergunakan dalam kamar mesin dan tangki-tangki.

5) Pipa hisap bilga dan saringan-saringan

- Pipa hisap harus dipasang sedemikian rupa sehingga tidak menyulitkan pembersihan pipa hisap dan kotak pengering pipa hisap dilengkapi dengan saringan yang tahan karat dan mudah dilepas
- Aliran piap hisap darurat tidak boleh terhalang dengan pipa hisap tersebut terletak pada jarak yang cukup dari alas dalam.

6) Katup dan Perlengkapan katup Bilga

- Katup-katup alih dan perlengkapan dalam sistem bilga harus berada pada tempat yang mudah dicapai dalam ruangan dimana pompa bilga ditempatkan
- Katup-katup alih atau perlengkapan dalam sistem bilga pada posisi peralihan tidak boleh terjadi hubungan antara pipa bilga dengan pipa ballast.
- Katup-katup pada hubungan pipa antara bilga dan air laut dan system air ballast, seperti antara hubungan bilga pada kompartemen yang berbeda, harus diatur sehingga meskipun dalam kejadian kegagalan operasi atau posisi katup intermediet, masuknya air laut melalui system bilga dapat dicegah.
- Pipa discharge bilga harus dipasang dengan katup shut off pada sisi kapal.
- Katup bilga harus diatur sehingga dapat selalu diakses baik itu saat pembebanan (ballast) maupun kondisi pembebanan dari mesin

7) Sambungan Pipa

- Untuk mencegah masuknya ballas dan air laut ke dalam kapal melalui system bilga, dua peralatan perlindungan aliran balik harus dipasang pada sambungan bilga, salah satunya harus merupakan sebuah *katup screw down non return*.
- Untuk sambungan bilga diluar ruang permesinan, sebuah kombinasi dari katup non-return tanpa shut-off dan katup shut-off yang diremote kontrol dapat digunakan.
- Hisapan bilga secara langsung dan injeksi darurat hanya memerlukan satu peralatan dari perlindungan aliran balik seperti dijelaskan sebelumnya.
- Bilamana sambungan air laut langsung diatur untuk dipasang pada pompa bilga untuk melindunginya dari pengisapan hampa, sisi hisap bilga juga harus dipasang dengan dua katup screw-down non-return.

-

Cara kerja sistem ballast, secara umum adalah untuk mengisi tangki ballast yang berada di double bottom, dengan air laut, yang diambil dari

seachest. Melalui pompa ballast, dan saluran pipa utama dan pipa cabang.

2) Fungsi Sistem Ballast

Sistem ballast merupakan sistem untuk dapat memposisikan kapal dalam keadaan seimbang baik dalam keadaan trim depan maupun belakang, maupun keadaan oleng. Dalam perencanaannya adalah dengan memasukkan air sebagai bahan ballast agar posisi kapal dapat kembali pada posisi yang sempurna.

3) Susunan Pipa ballast secara umum

Pipa-pipa hisap dalam tangki ballast harus diatur sedemikian rupa sehingga tangki-tangki tersebut dapat dikeringkan sewaktu kapal mengalami trim.

4) Pipa ballast yang melewati ruang muat

Jika pipa ballast terpasang dari ruang pompa belakang ketangki air ballast didepan tangki muatan, maka tebal dinding pipa harus dipertebal lengkung pipa untuk mengatasi pemuaian harus ada pada pipa ini

5) Penempatan sistem ballast

- ballast pada afterpeak dan forepeak berguna untuk mengubah trim dari kapal
- Double bottom ballast tank berguna untuk memperoleh sarat yang tepat dan untuk menghilangkan keolengan.

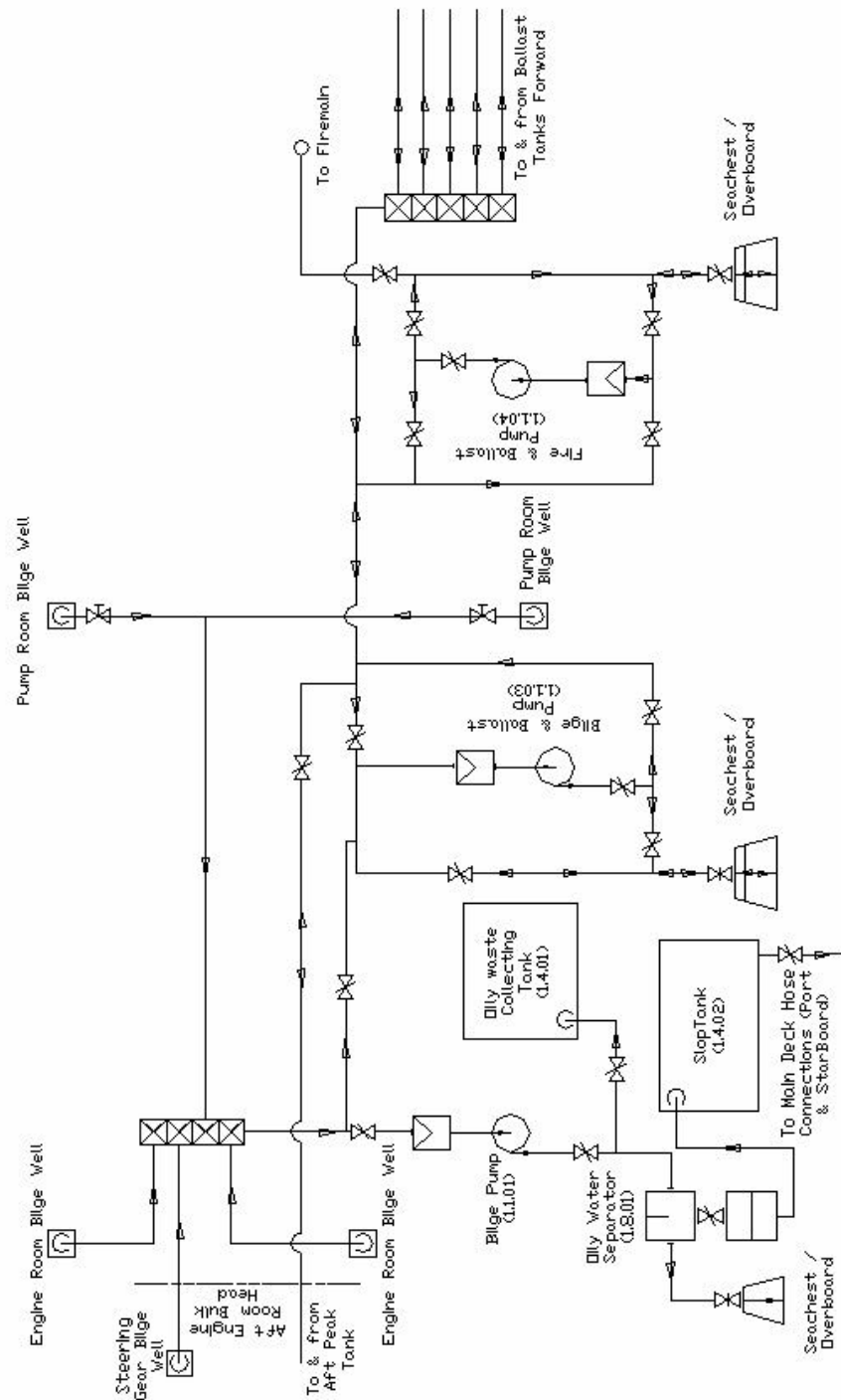


Diagram Sistem Ballast

I. Sistem Bahan Bakar**1) Secara Umum**

Sistem bahan bakar adalah sistem yang digunakan untuk mensuplai bahan bakar yang diperlukan motor induk. Sistem bahan bakar ini dirancang untuk dua type bahan bakar, yaitu : MDO (marine diesel oil) dan HFO (heavy fuel oil).

2) Cara Kerja Sistem Bahan Bakar

Sistem bahan bakar ini secara umum terdiri atas fuel oil transfer, filtery dan purifering; fuel oil circulating, fuel oil supply, dan heater. Bahan bakar di kapal disimpan di storage tank. Koil pemanas harus dipasang pada tangki bunker sehingga temperatur bahan bakar pada tangki bunker dapat dipertahankan pada temperatur 40 - 50⁰C. Dari bunker bahan bakar dipompakan ke settling tank, dimana sebelum masuk pompa bahan bakar akan melalui strainer untuk menyaring kotoran – kotoran. Di settling tank ini juga diberi pemanas dan suhu dipertahankan pada kisaran 50 – 70⁰C. Kemudian dari settling tank dipompakan ke centrifuges untuk membersihkannya dari kotoran dan air. Lalu setelah dari centrifuges masuk ke service tank.

Dari service tank, bahan bakar dialirkan menuju ke supply pump yang mempunyai tekanan 4 bar. Supply pump ini juga disebut bagian bertekanan rendah dari circulating system bahan bakar. Untuk menghindari terbentuknya gas/udara pada bahan bakar, maka dipasang sebuah venting box. Venting box terhubung dengan service tank melalui automatic deaerating valve yang bertugas untuk membebaskan gas/udara yang ada dan akan menampung cairan/liquid. Dari bagian bertekanan rendah system bahan bakar tersebut (supply pump), bahan bakar kemudian dialirkan ke circulating pump yang akan memompa bahan bakar melewati heater (untuk dipanaskan sampai 150⁰C) dan full flow filter (penyaringan) untuk kemudian masuk ke motor induk.

Untuk memastikan pensuplaian bahan bakar cukup banyak, maka kapasitas dari circulating pump dibuat lebih besar dari jumlah bahan

bakar yang dikonsumsi oleh motor induk. Dan kelebihan bahan bakar tersebut akan disirkulasikan kembali dari motor melalui venting box yang kemudian akan menuju ke circulating pump kembali.

Untuk memastikan tekanan konstan pada injection pump pada semua beban kerja motor induk, maka Spring Loaded Overflow dipasang pada system bahan bakar engine. Tekanan bahan bakar yang masuk pada engine harus 7-8 bar, setara dengan tekanan pada circulating pump yaitu sebesar 10 bar.

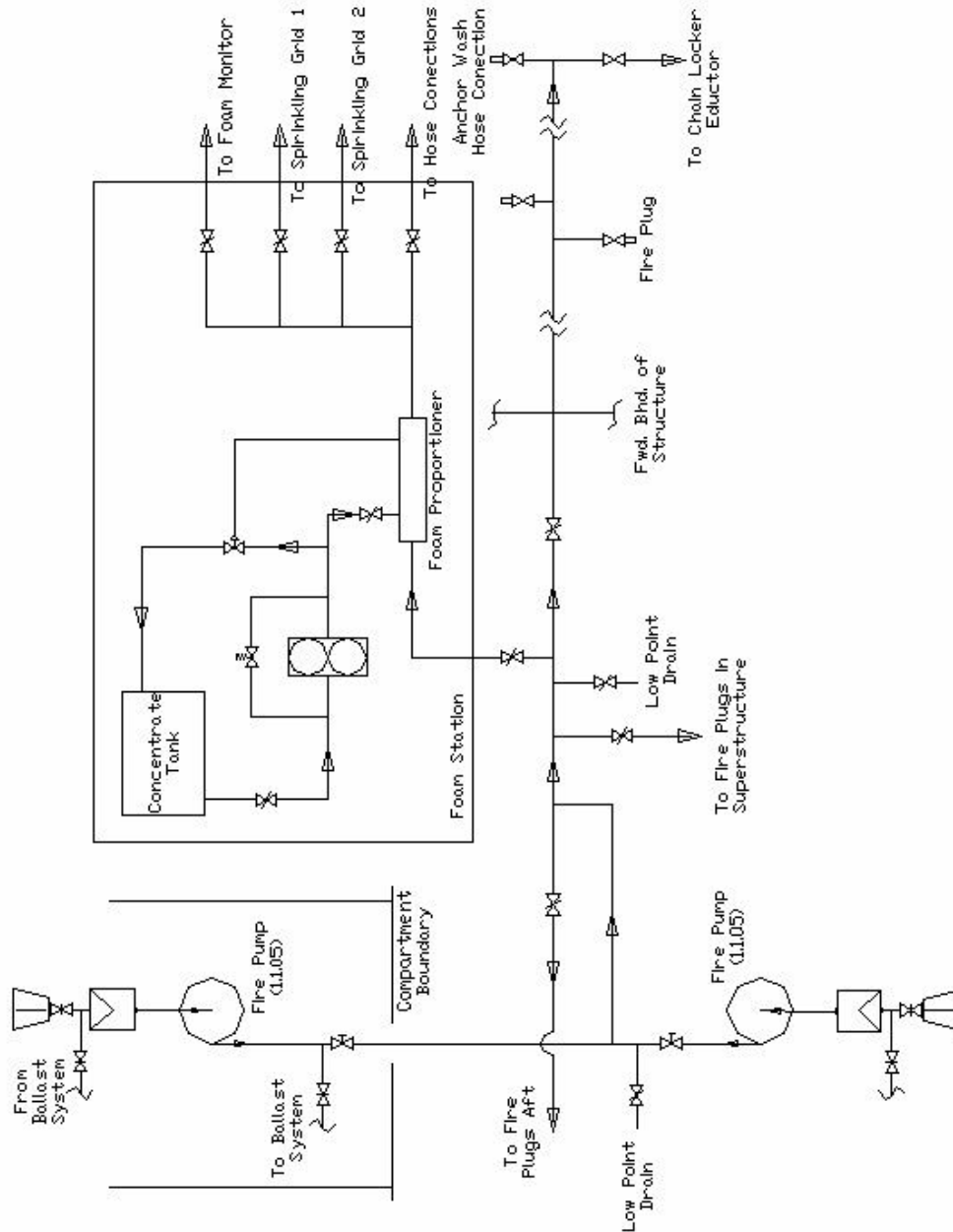
Ketika engine berhenti, circulating pump akan terus bekerja untuk mensirkulasikan Heavy Fuel yang telah dipanaskan dan tetap melewati fuel oil system engine dengan tujuan untuk menjaga bahan bakar tetap panas.

3) Susunan pipa bahan bakar secara umum

Pipa bahan bakar tidak boleh melewati tangki-tangki air minum maupun tangki minyak lumas. Pipa bahan bakar tidak boleh diletakan disekitar komponen-komponen mesin yang panas.

4) Pipa pengisian dan pengeluaran

Pengisian bahan bakar cair harus disalurkan melalui pipa-pipa yang permanen dari geladak terbuka atau tempat-tempat pengisian bahan bakar dibawah geladak. Disarankan meletakan pipa pengisian pada kedua sisi kapal. Penutupan pipa diatas geladak harus dilakukan. Bahan bakar dapat dialirkan menggunakan pipa-pipa pengisian.



Sistem Bahan Bakar

J. Sistem Instalasi Pipa Air Tawar

Pipa-pipa yang bukan berisi air tawar tidak boleh melalui pipa air tawar, pipa udara dan limbah air tawar tidak boleh dihubungkan dengan pipa lain dan juga tidak boleh melalui tangki-tangki yang bukan berisi air tawar yang dapat diminum. Ujung-ujung dari pipa limbah harus dilindungi dari kemungkinan masuknya serangga kedalam pipa tersebut.

Pipa-pipa juga harus cukup tinggi terletak diatas geladak dan tidak boleh melalui tangki-tangki yang isinya bukan air tawar. Pipa air tawar tidak boleh dihubungkan dengan pipa lain yang bukan berisi pipa minum.

Berikut ini gambar diagram system instalasi pipa air tawar,

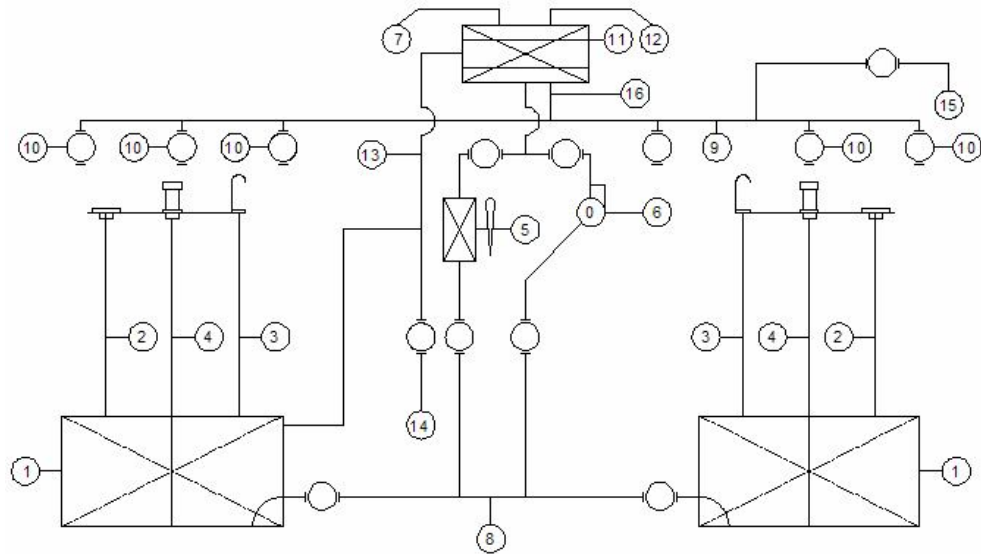


Diagram sistem air tawar.

Keterangan :

1. Tangki persediaan
2. Pipa pengisian
3. Pipa udara
4. Sounding pipa (pipa duga)
5. Pompa tangan

6. Pompa centrifugal
7. Tangki dinas
8. Pipa pengisap
9. Pipa pembagi
10. Tempat penggunaan
11. Heating coil
12. Pipa udara
13. Oven flow pipa
14. Katup test
15. Selang (Hose)
16. Pipa Utama

Tangki persediaan (1) dilengkapi dengan sounding pipe (4) dan vent pipe (3) dan diisi melalui pipe pengisian (2) yang menembus geladak.

Melalui lubang pemasukan (8), pompa tangan (5) atau pompa centrifugal (6), air minum dialirkan ke tangki dinas (7) yang melengkapi dengan pipa udara (12) dan heating coil (11).

Dari tangki dinas (7) air dialirkan melalui pipa utama (16) ke tempat-tempat penggunaan (10). Tangki dinas (7) mempunyai overflow pipe (13) dengan sebuah katup test (14 valve) untuk mengembalikan kelebihan air kembali ke tangki persediaan (1).

Hubungan dengan overflow pipa pada cabang pipa dengan test valve (14) yang menuju ke ruangan di mana pompa-pompa dipasang. Sistem ini dapat isi di pelabuhan melalui selang (house) (15).

K. Sistem Instalasi Pipa Air Laut

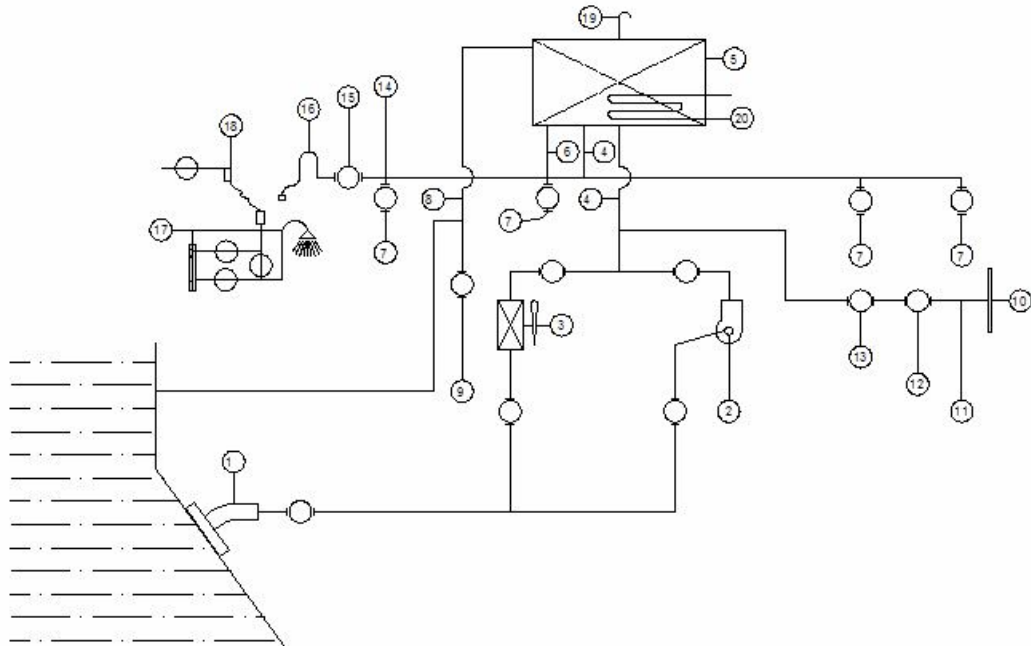


Diagram sistem air laut

Keterangan

- | | |
|-----------------------------|------------------------|
| 1. Katup kingston | 11. Pipa utama |
| 2. Pompa centrifugal | 12. Reduction valve |
| 3. Pompa tangan | 13. Stop valve |
| 4. Pipa utama | 14. Service connection |
| 5. Tangki dinas | 15. Stop valve |
| 6. Pipa pembagi | 16. Hose |
| 7. Tempat-tempat penggunaan | 17. Pancuran |
| 8. Pipa Limbah | 18. Pipa Air Cuci |
| 9. Katup test | 19. Pipa udara |
| 10. Fire main | 20. Heating coil |

Air laut dihisap melalui katup kingston (1) di pompa centrifugal (2) atau pompa tangan dan dialirkan pipa (4) menuju tangki dinas (5) dan dari tangki dinas tersebut mengalir secara gravitasi melalui pipa-pipa pembagi (6) dan menuju ke tempat-tempat penggunaan (7).

Tangki dinas (5) dihubungkan dengan udara luar dengan pipa-pipa udara (19) di samping itu tangki dinas (5) mempunyai pipa limbah (8) yang berguna untuk mengeluarkan air kelebihan ke luar kapal.

Pipa limbah dan test valve (9) memungkinkan untuk mengontrol atau mengecek permukaan air di dalam tangki. Melalui *service connection* (14), *hose* (16) dan *stop valve* (15), pancuran (17), kalau perlu, seluruh pipa air cuci (18) dapat dihubungkan dengan pipa air laut.

Pipa air laut dapat juga disuplai dari *fire main* (10) melalui reduction valve (12) dan *stop valve* (13).

Cara kerja otomatis dari sistem air laut dapat dicapai dengan mempergunakan tangki-tangki *pneumatik* (*hydrophore tank*). Sebuah diagram dari sistem itu dapat dilihat pada Gambar berikut.

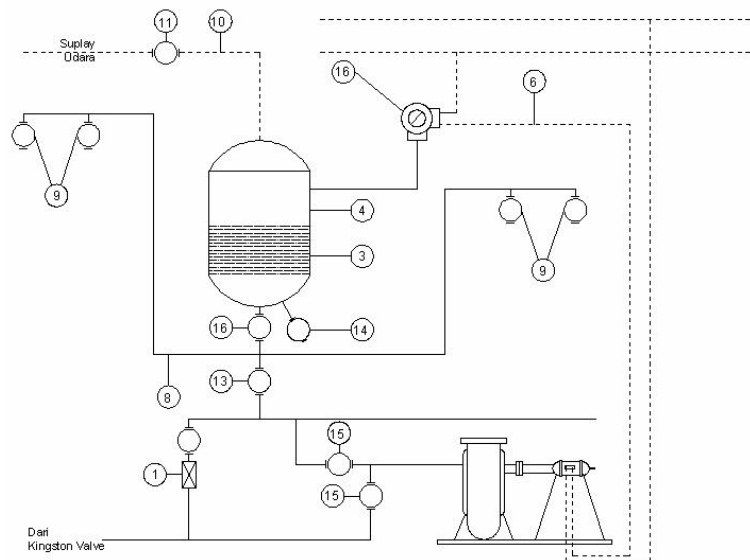


Diagram cara kerja otomatis sistem air laut

Keterangan

- | | |
|-----------------|-----------------------------|
| 1. Pompa tangan | 9. Tempat-tempat penggunaan |
|-----------------|-----------------------------|

- | | |
|----------------------|--------------------------|
| 2. Pompa centrifugal | 10. Pipa pemasukan udara |
| 3. Tangan pneumatic | 11. Stop valve |
| 4. Udara | 12. Katup |
| 5. Pressure relay | 13. Non return valve |
| 6. Aliran listrik | 14. Katup pengeringan |
| 7. Mesin listrik | 15. Disconnecting valve |
| 8. Pipa pembagi | 16. Disconnecting valve |

Air dimasukkan dengan pompa (1) yang digerakkan oleh motor (7) melalui katup (12) dan *non return valve* (13) masuk ke dalam tangki pneumatic (3).

Pada waktu permukaan air di dalam tangki naik, tekanan udara di dalamnya juga akan naik, dan sebuah bantalan udara akan terbentuk. Pada suatu tekanan yang tertentu yang diberikan oleh bantalan udara, pressure relay (5) akan mematikan mesin listrik (7) sehingga menghentikan pemasukan air ke dalam tangki.

Kemudian oleh aksi dari tekanan di dalam bantalan udara, air dialirkan melalui pipa (8) ke tempat-tempat penggunaannya (9). Bilamana air dipergunakan didalam tangki turun, dan bilamana tekanan mencapai suatu harga yang tertentu, *pressure relay* (5) menjalankan motor listrik (7) lagi, melalui aliran listrik (6) dan pompa (2) mulai memasukkan air lagi ke dalam *pneumatic tank*.

Pompa centrifugal dapat dipisahkan dari sistem ini dengan ketentuan *disconnecting valve* (katup-katup yang dapat memisahkan bagian-bagian) (15). Tangki dilengkapi dengan *disconnecting valve* (16) dan katup pengeringan (14), dan diganti dengan udara melalui pipa (10) dan katup penutup (*stop valve*) (11).

L. Sistem Transfer, Filtering dan Purifikasi

Sistem ini bertugas memindahkan bahan bakar dari *storage tank* ke *settling tank*, serta membersihkan bahan bakar dari kotoran yang berasal dari *storage tank*. Heavy fuel oil harus dibersihkan terlebih dahulu dengan melewatkannya melalui centrifuge sebelum masuk ke *daily tank*. Pada centrifuge nantinya

kotoran-kotoran yang terdapat pada HFO yang terdiri atas partikel dan air akan dipisahkan dari HFO.

i. Storage Tank / bunker / tanki penyimpanan

Adalah tanki induk dari keseluruhan bahan bakar yang dibutuhkan motor induk selama berlayar.

ii. Settling tank

Tangki ini didesain agar dapat mengendapkan kotoran dan air yang ikut terbawa oleh bahan bakar. Kapasitas settling tank didesain untuk mampu menyuplai bahan bakar minimum selama 24 jam (1 hari) operasi mesin ketika tangki settling diisi penuh. Desain tangki dibuat sedemikian sehingga pengeluaran kotoran / endapan dan air dapat dilakukan secara efisien.

iii. Filter

Filter adalah alat yang berfungsi menyaring kotoran yang tercampur dalam bahan bakar.

iv. Heater tank (Pemanas tanki)

Merupakan pemanas bahan bakar, sehingga dapat menjaga viskositas bahan bakar yang diinginkan sesuai dengan spesifikasi.

v. FO Fuel Transfer Pump

Pompa yang digunakan adalah gear pump yang berfungsi untuk mengalirkan bahan bakar dari tanki storage ke tanki settling untuk diendapkan

vi. FO Feed Pump

Berfungsi memindahkan bahan bakar dari Settling tank ke service tank. Pompa yang digunakan adalah pompa jenis roda gigi.

vii. Centrifuges

Centrifuges berfungsi memisahkan bahan bakar dengan air dan bahan bakar yang bersih dialirkan ke service *tank* sedangkan kotoran dan air disalurkan ke *sludge tank*. Centrifuges pada prinsipnya dilengkapi dengan 2 set dengan type yang sama dimana 1 set digunakan untuk *service* dan yang kedua sebagai *stand-by*.

M. Fuel Oil Circulating Dan Fuel Oil Supply Sistem

Sistem ini bertugas untuk mensuply bahan bakar ke engine. Sistem ini lebih dikenal dengan nama “ Fuel Oil Supply Unit”.

a. Service Tank

Adalah tanki yang berfungsi untuk mensuplai bahan bakar ke engine selama operasi dan mempunyai kapasitas 8 -12 jam. Pada tangki ini dilengkapi dengan heater tank. Pemanasan ini bertujuan agar viskositas HFO tetap terjaga.

ii. Three Way Cock.

Katup ini digunakan ketika terjadi pergantian bahan bakar yang disuplai ke mesin induk dari HFO ke MDO atau sebaliknya.

iii. Supply Pump

Pompa yang digunakan adalah pompa jenis screw atau gear. Pompa ini menghisap bahan bakar dari service tank. Pompa yang digunakan adalah screw wheel atau gear wheel. Syarat pompa adalah :

Fuel oil viscosity, specified up to700 cSt at 50⁰C

Fuel oil viscosity maximum..... 1000 cST

Fuel oil flow..... 0.6 m3/h

Pump head.....4 bar

Delivery pressure..... .4 bar

Working temperature..... .100⁰C

Karena pompa ini digunakan untuk mengalirkan zat cair dengan temperatur tinggi maka sebelum dioperasikan terlebih dahulu dilakukan pemanasan sebelum pompa di jalankan.

iv. Circulating Pump

Pompa ini berfungsi meneruskan mengangkut bahan bakar dari supply pump dan juga dari venting box. Pompa yang digunakan adalah screw wheel atau gear wheel. Syarat pompa adalah :

Fuel oil viscosity, specified up to700 cSt at 50⁰C

Fuel oil viscosity normal.....20 cSt

Fuel oil viscosity maximum..... 1000 cST

Fuel oil flow..... 2 m3/h

Pump head.....6 bar

Delivery pressure..... 10 bar

Working temperature..... 150⁰C

Karena pompa ini digunakan untuk mengalirkan zat cair dengan temperatur tinggi maka sebelum dioperasikan terlebih dahulu dilakukan pemanasan sebelum pompa di jalankan.

v. Fuel oil heater

Berfungsi untuk memanaskan bahan bakar sebelum masuk ke engine sesuai dengan temperatur yang direkomendasikan. Type heater yang dipakai adalah tube type atau plate heat exchanger type. Heater harus dapat bekerja pada :

Recommended viscosity meter setting.....10-15 cSt

Fuel oil viscosity, specified up to700 cSt at 50⁰C

Fuel oil flow..... 2m³/h

Heat dissipation..... kWh

Pressure drop on oil side..... maximum 1 bar

Working pressure..... 150⁰C

Fuel oil inlet temperature..... approx. 100⁰C

Fuel oil outlet temperature..... 150⁰C

Steam supply, saturated..... 7 bar abs.

vi. Fuel flow filter

Filter yang digunakan dapat berupa type duplex dengan pembersihan manual atau automatic filter dengan pembersihan manual by-pass filter. Spesifikasinya adalah sebagai berikut :

Fuel oil filter harus berdasar HFO dengan : 130 cSt at 80⁰C = 700

cSt at 50⁰C = 7000 sec Red-wood I/100 OF.

Working pressure..... 10 bar

Absolute fineness.....50μ m

Working temperature..... maksimum 150⁰C

Oil Viscosity at working temperature..... 15 cSt

Pressure drop at clean filter..... maximum 0,3 bar

vii. Fuel oil venting box.

Bertugas untuk membebaskan gas/udara yang ada dan akan menampung cairan/liquid.

viii. Auto de-aerating tank

Adalah peralatan yang digunakan untuk memisahkan sisa bahan bakar dari keluaran main engine, bahan bakar cair masuk ke venting box sedangkan bahan bakar berbentuk uap dialirkan ke service tank

N. Sistem Pelumasan

Sistem Pelumasan pada engine MAN dengan type S 35` MC adalah dengan menggunakan uni-lubricating oil system, Sistem ini digunakan untuk melumasi camshaft, bearing, journal bearing dan exhaust valve actuator. Sistem uni lubricating terbagi menjadi 2 bagian yaitu system purifying dan sistem pelayanan (servis). Sistem purifying digunakan untuk memisahkan pelumas dari kandungan cairan seperti misalnya air. Untuk mendinginkan pelumas supaya bisa mencapai nilai kurang dari 45°C maka digunakan cooler. Dengan adanya cooler ini diharapkan temperature pelumas yang masuk ke engine bisa $\leq 45^{\circ}\text{C}$, dari engine pelumas akan dikumpulkan pada oil pan (carter) kemudian masuk ke sump tank. Kecepatan fluida pada sistem pelumas ini mencapai nilai 1,8 m/s. Sedangkan pada turbocharge dengan menggunakan slide bearing, pelumasan dari main engine dilengkapi dengan sensor untuk UMS (Unattended Machinery Spaces). Pemurnian pada metoda UMS menggunakan centrifuges otomatis dengan total discharge difungsikan. Kapasitas nominal Lubricating oil centrifuges didasarkan pada rekomendasi pabrik pembuat yang sesuai ketentuan $0.136 \text{ l/kWh} = 0.1 \text{ l / BHP}$.

Keluaran dari oli pelumasan ini akan lewat AB dan kemudian akan turun ke bottom tank. Untuk ventilasinya melewati port E yang langsung ke deck.

a. Lubricating Oil System

Pelumas dipompa dari sump tank (bottom) oleh pompa lubricating oil (LO) yang direkomendasi dengan menggunakan type pompa screw atau centrifugal, dengan spesifikasi pompa :

Lubricating oil viscosity, specified 75 cSt pada temperatur 50°C .

Lubricating oil viscosity..... maximum 400 cSt

Lubricating oil flow..... 175 m³/h

Design pump head 4,0 bar

Delivery pressure 4,0 bar

Max. working temperature..... 50⁰ C

400 cSt merupakan keadaan normal pada waktu starting dalam keadaan cold oil. Untuk dapat mengurangi daya litrik pada waktu starting pompa maka perlu ditambahkan bypass valve. Kapasitas aliran yang diberikan adalah dengan toleransi sebesar 12 % sedangkan untuk kapasitas aliran air pendingin dengan toleransi 10%. Head pompa berdasarkan total pressure drop yang melalui cooler dan filter maksimal 1 bar. Katup bypass diantara diantarapompa LO yang tersusun paralel boleh diabaikan jika pompa sudah tersedia saluran by pass atau pompa yang digunakan jenis sentrifugal. Selama kondisi Trial katup harus diatur sedemikian rupa dengan alat yang dapat menutup katup hanya jika luasan aliran minimum yang melalui katup memberi tekanan pelumas pada inlet yang menuju ke engine pada kondisi beban normal.

Direkomendasikan untuk memasang katup dengan diameter 25 mm disertai sambungan pipa setelah pompa LO yang berfungsi untuk memeriksa kebersihan sistem pelumas selama menjalani prosedur pembilasan.

Cooler yang digunakan adalah cooler dengan jenis shell and tube yang terbuat dari bahantahan air laut atau bisa juga menggunakan type plate heat exchanger dengan bahan platenya terbuat dari titanium.

Bahan ini digunakan jika tidak menggunakan air tawar pada system pendinginan engine. Spesifikasi cooler, adalah sebagai berikut :

Lubricating oil viscosity specified 75 cSt pada 50° C

Lubricating oil flow

Heat dissipation..... 770 kW

Lubricating oil temperature outlet cooler 450 C

Working pressure on oil side 4,0 bar

Pressure drop on oil side..... maximum 0,5 bar

Cooling water flow

Cooling water temperature at inlet seawater... 32⁰ C

Freshwater 36⁰ C

Pressure drop on water side maximum 0,2 bar

Kapasitas aliran lubricating oil memiliki toleransi 0 - 12%, Sedangkan toleransi untuk kapasitas aliran cooling water adalah 0 – 10%. Untuk menjamin bahwa cooler LO berfungsi dengan baik direkomendasikan temperatur sea water diatur supaya tidak kurang dari 10⁰ C. Katup pengontrol temperatur (thermostetic valve) sebagai alat untuk mengontrol temperature pelumas yang sudah didinginkan, pada system ini digunakan katup dengan jenis three way yang diset untuk membuka pada temperature $\leq 450^{\circ}\text{C}$. Angka 45 diambil berdasarkan range temperatur inlet engine sebesar 400 – 500 C. Full flow filter dipasang untuk menjamin bahwa kebersihan pelumas yang akan disuply ke engine. Spesifikasi dari full flow filter adalah sebagai berikut :

Lubricating oil flow

Working pressure 4,0 bar

Test Pressure according to class rules

Absolute fineness..... 40 μm

Working temperature..... approximately 45⁰ C

Oil viscosity at woring temperature 90-100 cSt

Pressure drop with clean filter maximum 0.2 bar

Filter to be cleaned at a pressure drop... maximum 0.5 bar

Full flow filter diletakkan terakhir sebelum ke main engine, jika yang dipasang jenis duplex harus mempunyai kapasitas yang cukup untuk mengalirkan pelumas pada setiap sisi filter dengan temperatur kerja.

Pemasangan filter dengan back flushing harus memperhatikan hal berikut :

1) Laju aliran pelumas sebesar 175 m³/h, ditambah jumlah pelumas yang digunakan untuk back flushing supaya tekanan pelumas pada inlet engine dapat dijaga kebersihannya.

2) Dalam kasus penggunaan filter dengan automatically cleaned harus dipastikan filter membutuhkan tekanan pelumas lebih besar pada sisi inlet dibandingkan dengan tekanan pompa. Pemasangan pompa booster jenis screw, gear atau centrifugal digunakan untuk melumasi exhaust valve actuator. Booster pump mampu bekerja pada temperature 60⁰ C dan memiliki head pompa minimum 6 bar. Bila menggunakan booster modul dari pabrik pembuat mesin maka yang sesuai untuk type 4 L42 MC adalah B-1.3-6 atau B- 1.1-5

yang terdiri dari dua booster pump yang dilengkapi sistem kontrol. Pompa ini juga didesain untuk kondisi awal pada waktu start engine.

Pemilihan Jenis Pelumas, Untuk menentukan jenis pelumas yang cocok dan sesuai harus memperhatikan standart ketentuan yang direkomendasikan oleh pabrik pembuat engine dengan grade viskositas SAE 30, TBN 5-10 dan SAE 50, TBN 70 untuk pelumasan silinder. Sehingga digunakan produk dari Castrol untuk jenis Marine CDX-30 dengan standart pengujian mengacu pada API.

O. Sistem Pendingin

Sistem pendingin yang biasa digunakan ada 2 macam, yaitu :

a) Sistem pendingin air laut

Merupakan sistem pendingin terpisah dalam pengertian masing – masing bagian yang didinginkan disediakan cooler sendiri – sendiri, fluida pendinginnya langsung dengan air laut.

Kerugian pada sistem ini :

- i) Memerlukan material komponen yang tahan korosi.
- ii) Biaya maintenance lebih besar
- iii) Bila terjadi salah satu komponen mengalami kerusakan akan menyebabkan komponen yang lainnya terganggu fungsinya.

Kelebihan sistem jenis ini :

- i) Maintenance lebih mudah
- ii) Biaya awal lebih murah.

Pada spesifikasi sistem pendingin untuk engine MAN & BW pendingin digunakan untuk mendinginkan minyak pelumas, jacket water, pendingin udara bilas.

b) Sistem Pendinginan Terpusat

Sistem pendingin ini didesain dengan hanya mempunyai satu head exchanger yang didinginkan dengan air laut, sedangkan untuk cooler yang lain termasuk jacket water, minyak pelumas, udara bilas, didinginkan dengan air tawar yang bertemperatur rendah. Sistem pendingin jenis ini sangat kecil peralatan yang berhubungan langsung dengan air laut sehingga masalah korosi dapat dikurangi.

Sistem pendingin terpusat terdiri atas tiga sirkuit yaitu :

1. Sea water circuit , merupakan pendingin dengan fluida air laut yang mendinginkan sentral cooler, sirkuit ini disuplai dengan pompa sea water pump, air laut diambil dari sea chest pada sisi kapal, out put aliran ini akan langsung dibuang keluar melaui over board.
2. Fresh water sirkuit, dibagi lagi menjadi 2 yaitu:
 - a. High temperature circuit, digunakan untuk mendinginkan jacket water cooler, dimana fresh water dialirkan oleh jacket water pump, dan sisa – sisa penguapannya diolah pada deaerating tank untuk dimanfaatkan kembali untuk pendinginan.
 - b. Low temperature circuit, digunakan untuk mendinginkan Lube oil cooler dimana temperatur inletnya sebesar 36°C dan outletnya 43°C , mendinginkan scavenging (udara bilas).

Pada peraturan BKI 1996 vol.III sec. 11 I, dinyatakan bahwa:

❖ Sea Chest, hubungan ke laut

-Sekurang-kurangnya 2 sea chest harus ada. Bilamana mungkin sea chest diletakkan serendah mungkin pada masing-masing sisi kapal.

-Untuk daerah pelayaran yang dangkal, disarankan bahwa harus terdapat sisi pengisapan air laut yang lebih tinggi, untuk mencegah terhisapnya lumpur atau pasir yang ada di perairan dangkal tersebut.

- Diharuskan suplai air laut secara keseluruhan untuk main engine dapat diambil hanya dari satu buah sea chest.

-Tiap sea chest dilengkapi dengan suatu ventilasi yang efektif. Pengaturan ventilasi tersebut haruslah disetujui yang meliputi : Suatu pipa udara sekurang-kurangnya berdiameter dalam 32 mm yang dapat diputuskan hingga di atas deck bulk head. Adanya tempat dengan ukuran yang cukup di bagian dinding pelat.

-Saluran udara bertekanan atau saluran uap melengkapi kelengkapan sea chest untuk pembersihan sea chest dari kotoran. Saluran tersebut dilengkapi dengan katup shut off yang dipasang di sea chest. Udara yang dihembuskan ke sea chest dapat melebihi 2 bar jika sea chest dirancang untuk tekanan yang lebih tinggi.

❖ Katup

-Katup sea chest dipasang sedemikian hingga sehingga dapat dioperasikan dari atas pelat lantai (floor plates)

-Pipa tekan untuk system pendingin air laut dipasang suatu katup shut off pada shell plating.

❖ Strainer

-Sisi hisap pompa air laut dipasang strainer. Strainer tersebut juga diatur sehingga dapat dibersihkan selama pompa beroperasi. Bilamana air pendingin disedot oleh corong yang dipasang dengan penyaringnya, maka pemasangan strainer dapat diabaikan.

❖ Pompa pendingin air laut :

-Pembangkit penggerak utama kapal dengan menggunakan motor diesel harus dilengkapi dengan pompa utama dan pompa cadangan.

-Pompa pendingin motor induk yang diletakkan pada pembangkit penggerak (propulsion plant) dipastikan bahwa pompa itu dapat memenuhi kapasitas air pendingin yang layak untuk keperluan motor induk dan Bantu pada berbagai jenis kecepatan dari propulsion plant. (untuk pompa cadangan digerakkan oleh motor yang independent)

-Pompa air pendingin utama dan cadangan masing-masing kapasitasnya merupakan kapasitas maksimal air pendingin yang diperlukan oleh pembangkit. Atau sebagai alternatif tiga buah pompa air pendingin dengan kapasitas yang sama dapat dipasang.

Bahwa dua dari pompa adalah cukup untuk menyuplai air pendingin yang diperlukan pada kondisi operasi beban penuh pada temperature rancangan. Dengan pengaturan ini dimungkinkan untuk pompa yang kedua secara otomatis mengambil alih operasi hanya pada temperatur yang lebih tinggi dengan dikendalikan oleh thermostat.

-Pompa ballast atau pompa air laut lainnya dapat digunakan sebagai pompa pendingin cadangan.

-Bila air pendingin dipasok oleh corong hisap (Scoop), pompa air pendingin utama dan cadangan harus dipastikan memiliki kapasitas yang menjamin

keandalan pada operasinya pada pembangkit di bawah kondisi pembebanan parsial. Pompa air pendingin utama secara otomatis dibangkitkan sesegera mungkin bila kecepatan turun di bawah kecepatan yang diperlukan corong.

Sistem pendingin air tawar diatur sehingga motor dapat secara baik didinginkan di bawah berbagai kondisi suhu :

-Menurut kebutuhan dari motor system pendingin air tawar yang diperlukan seperti:

- a. Suatu sirkuit tunggal untuk keseluruhan pembangkit.
- b. Sirkuit terpisah untuk pembangkit daya induk dan Bantu
- c. Beberapa sirkuit independent untuk komponen motor induk yang memerlukan pendinginan (silinder, piston, dan katup bahan bakar) dan untuk motor bantu.
- d. Sirkuit terpisah untuk berbagai batasan temperatur.

-Sirkuit pendingin diatur sehingga bila salah satu sirkuit mengalami kegagalan maka dapat diambil alih oleh sirkuit pendingin yang lain. Bilamana perlu, dibuatkan pengaturan pengambilalihan untuk tujuan tersebut.

-Sedapat mungkin pengatur suhu dari motor induk dan Bantu dibuatkan sirkuit yang terpisah dan independent satu sama lainnya.

-Bilamana pada motor pembangkit otomatis, penukar panas untuk bahan bakar dan pelumas melibatkan sirkuit air pendingin, system air pendingin dimonitor terhadap kebocoran dari minyak bahan bakar dan pelumas.

-System air pendingin umum untuk pembangkit induk dan bantu dipasang katup shut off untuk memungkinkan reparasi tetapi tidak mengganggu pelayanan dari system tersebut.

❖ Pompa Pendingin Air Tawar

-Pompa air pendingin utama dan cadangan harus terdapat di setiap system pendingin air tawar.

-Pompa air pendingin dapat digerakkan langsung oleh motor induk atau bantu yang mana dimaksudkan untuk mendinginkan sehingga jumlah pasok yang layak dari air pendingin dapat dicapai pada berbagai kondisi operasi.

-Pompa air pendingin cadangan digerakkan secara independent oleh motor induk.

-Pompa air pendingin cadangan berkapasitas sama seperti pompa air pendingin utama.

-Motor induk dilengkapi sekurangnya oleh satu pompa pendingin utama dan cadangan. Bilamana menurut konstruksi dari motor memerlukan lebih dari satu sirkuit air pendingin, satu pompa cadangan dipasang untuk tiap pompa pendingin utama.

-Suatu pompa air pendingin cadangan dari suatu system pendingin dapat digunakan sebagai suatu pompa cadangan untuk system lain yang dilengkapi dengan lajur sambungan yang memungkinkan. Katup shut off pada sambungan ini harus dilindungi dari penggunaan yang tidak diinginkan.

-Peralatan yang melengkapi system untuk pendinginan darurat dari system lain dapat disetujui jika system dan pembangkitnya sesuai untuk tujuan ini.

Cara Kerja

Air laut diisap oleh pompa melalui kotak laut (1) yang ditutup oleh kisi – kisi untuk mencegah masuknya benda – benda kasar. Selanjutnya katup jenis kingstone (2) ditempatkan dibelakang kotak laut untuk menghentikan masuknya air laut jika terjadi kebocoran pada pipa atau bagian yang lainnya. Sebelum air masuk pompa, terlebih dahulu harus masuk filter (3) untuk menjaring atau mengendapkan partikel – partikel kecil. Setelah keluar dari filter, air dipompakan (4) kedalam pendinginan (5) guna mendinginkan air tawar yang keluar dari motor (12), sedangkan air laut langsung dibuang kelaut (10). Air tawar yang telah didinginkan dipakai kembali untuk mendinginkan motor (11) dengan menggunakan bantuan pompa penghantar (8). Antara pendingin dengan motor dipasang termosfat (6) untuk mengatur temperatur air pendinginan dan ditempatkan pula tangki ekspansi (7) yang berguna untuk mencegah naiknya tekanan a ir tawar yang mengembang karena panas dan untuk mengawasi sebagian air tawar yang hilang.

Diagram system pendinginan air tawar

Keterangan gambar

1. Kotak laut (sea chest)
2. Kongston Valve
3. Saringan/Filter
4. Pompa
5. Tangki pendingin
6. Termosfat
7. Tangki pendingin
8. Pompa
9. Mesin utama
10. Air laut keluar
11. Air tawar masuk mesin sebagai pendingin
12. Air tawar keluar dari mesin untuk di dinginkan.

Pada system pendingin terbuka, motor didinginkan langsung dengan air laut. Air laut masuk melalui kotak laut (1) melewati katup jenis kingstone (2) dan filter (3) menuju pompa (4) untuk dialirkan kemotor (5) melewati kotak pendingin (6) dan manometer (7) untuk mengukur besarnya tekanan air laut sebelum masuk kemotor. Tekanan pada manometer turun.

Diagram system pendinginan air laut

1. Kotak laut (sea chest)
2. Kingstone valvae
- 3 Saringan
4. Pompa
5. Katup pengaman
6. Tangki pendingin
7. Manometer
8. Mesin keduk
9. Pipa buang.

P. Sistem Pipa Muat

Sistem pipa muat pada tangki kapal harus dipasang secara permanen dan sepenuhnya terpisah dari pipa lainnya.pada umumnya tidak boleh keluar daerah tangki muat air. Pipa yang mempunyai kelengkungan harus memiliki kelengkungan muai yang diukur seperlunya.

Q. Sistem Sanitary dan Scupper

Sistem Sanitary atau bisa disebut domestic water system adalah system distribusi air bersih (fresh water) di dalam kapal yang digunakan oleh ABK dalam memenuhi kebutuhan akan air minum dan memasak, untuk mandi, mencuci dan lain-lain. Sedangkan untuk kebutuhan di WC (water closed) maka dengan perencanaan sistem yang sama digunakan sistem air laut (sea water) yang disuplai ke tiap deck yang memiliki kamar mandi. Kedua sistem pelayanan diatas memiliki dasar kerja yang sama menggunakan pompa otomatis untuk mensuplai fluida ke tangki yang

sudah memiliki tekanan (hydropore) yang disuplai dari sistem udara tekan. Udara tekan ini direncanakan memiliki head dan tekanan yang memadai untuk dapat mensuplai air ketempat yang memerlukan, diantaranya kamar mandi, laundry room, galley, dan wash basin. Pompa dioperasikan secara otomatis dengan swicth tekanan yang bekerja berdasar level air yang dikehendaki [DA. Taylor].

Bagian-bagian dari sistem sanitari :

- Closet dan urinal.
- Pompa dan peralatan outfitting.
- Hydrophore.
- Filter.
- Tangki.
- Sewage treatment plan.

Hal yang perlu dipertimbangkan dalam mendesain sistem sanitary :

- Toilet dan kamar mandi pada tiap-tiap deck diusahakan satu jalur, untuk tujuan instalasi sederhana dan memudahkan dalam maintenance.
- Kapasitas tangki fecal dan urinal disesuaikan dengan jumlah ABK dan lama pelayaran.

1) Diameter pipa sanitari dan scupper berkisar antara 50 – 100 mm, direncanakan pipa sanitari ϕ 100 mm / scupper ϕ 60 mm, tebal direncanakan 5 mm

2) Lubang Pembuangan sanitasi dan scupper

- Lubang pembuangan dalam jumlah dan ukuran cukup untuk mengeluarkan air laut harus dipasang pada geladak cuaca dan pada geladak lambung timbul didalam bangunan atas dan rumah geladak yang tertutup kedap air harus disalurkan keluar
- Lubang pembuangan dan ruangan dibawah garis muat musim panas harus dihubungkan pipa sampai kebilga dan harus dilindungi dengan baik.
- Lubang pembuangan dan sanitair tidak boleh dipasang diatas garis muat kosong didaerah tempat peluncuran sekoci penolong

R. Sistem Pipa Udara dan Pipa Duga**a. Susunan Pipa udara secara umum**

- Susunan tangki dan ruangan kosong dan lain-lain pada bagian yang tertinggi harus dilengkapi dengan pipa udara yang dalam keadaan biasa harus berakhir diatas geladak terbuka
- Pipa-pipa udara dan tangki-tangki pengumpulan atau pelampung minyak yang tidak dipanasi boleh terletak pada tempat yang mudah terlihat pada kamar mesin.
- Pipa-pipa udara harus dipasang sedemikian rupa sehingga tidak terjadi pengumpulan cairan dalam pipa tersebut.
- Pipa-pipa dari tangki penyimpanan minyak pelumas boleh berakhir dalam kamar mesin bila mana dinding tangki penyimpanan minyak tersebut merupakan bagian dari lambung kapal maka pipa-pipa udaranya harus berakhir diselubung kamar mesin diatas geladak lambung timbul.
- Pipa-pipa udara dari tangki-tangki cofferdam dan ruangan yang merupakan pipa hisap bilga harus dilengkapi dengan pipa-pipa udara yang berakhir dengan atau ruangan yang terbuka.

b. Pipa Duga

Diameter pipa duga harus paling tidak 32 mm, direncanakan 2 inchi atau 52,9 mm letak pipa duga secara umum menurut Biro Klasifikasi Indonesia'04 adalah sebagai berikut :

- Tangki-tangki ruangan cofferdam dan bilga dalam ruang-ruang yang tidak mudah dicapai setiap waktu harus dilengkapi dengan pipa-pipa sedapat mungkin pipa duga tersebut memanjang kebawah sampai deck atas.
- Pipa duga yang ujungnya terletak dibawah garis lambung harus dilengkapi dengan katup otomatis pipa duga seperti yang diijinkan dalam ruangan yang dapat diperiksa dengan temperatur.
- Pipa duga juga harus dilengkapi / dilapisi dengan pelapis dibawahnya bilamana pipa duga tersebut dihubungkan dengan

kedudukan samping atas pipa cabang, dibawah pipa duga tersebut harus dipertebal secukupnya.

- Pipa duga tangki harus dilengkapi dengan lubang pengatur tekanan yang dibuat sedikit mungkin dibawah geladak tangki.

c. Bahan Pipa Duga

Pipa duga harus dilindungi terhadap pengkaratan pada bagian dalam dan lainnya.

S. Pipa Ekspansi

Pipa ekspansi dari jenis yang telah disetujui harus dihubungkan untuk menampung ekspansi panas dan sistem bilga konsperator ekspansi karet tidak diijinkan untuk dipergunakan dalam kamar mesin dan tangki-tangki.

T. Pipa hisap bilga dan saringan-saringan

- 1) Pipa hisap harus dipasang sedemikian rupa sehingga tidak memungkinkan pembersih pipa hisap dan katup pengering pipa hisap dilengkapi dengan saringan yang tahan karat dan mudah dilepas.
- 2) Aliran pipa hisap bilga darurat tidak boleh terhalang dan pipa hisap tersebut terletak pada jarak yang cukup dari alas dalam.

U. Katup dan perlengkapan pipa bilga

- 1) Katup-katup dan perlengkapan dalam sistem bilga pada posisi peralihan tidak boleh terjadi pada hubungan antara pipa-pipa bilga dengan pipa ballast.
- 2) Katup-katup dan perlengkapan pada pipa bilga harus terletak pada tempat-tempat yang dijangkau dalam ruangan-ruangan dimana pompa bilga ditempatkan.

Kapasitas Tangki (Ton)	Diameter dalam pipa-pipa & Fitting (mm)
Sampai 20	60
20 – 40	70
40 – 75	80
75 – 120	90
120 – 190	100
190 – 265	110
265 – 360	125
360 – 480	140
480 – 620	150
620 – 800	160
800 – 1000	175
1000 - 1300	200

V. Ukuran Pipa

1. Pipa Bilga Utama

- Perhitungan Diameter Pipa (Berdasarkan BKI 2006 Sec.11 N 2.2)

$$d_H = 1,68 \sqrt{L \times (B + H)} + 25 \text{ (mm)}$$

Dimana :

$$L = 86,20 \text{ m}$$

$$B = 18,00 \text{ m}$$

$$H = 8,60 \text{ m}$$

$$d_H = 1,68 \sqrt{86,20 \times (18,00 + 8,60)} + 25 \text{ mm}$$

$$= 105,446 \text{ mm (diambil 125 mm)}$$

$$= \mathbf{5''} \quad (\text{Berdasarkan tabel})$$

- Perhitungan tebal pipa utama (Berdasarkan BKI 2000 Sec.11 C 2.1)

$$S = S_o + c + b \text{ (mm)}$$

Dimana :

$$S_o = \frac{(d_a \times P_c)}{(20 \times \sigma_{perm} \times V) + P_c}$$

$$d_a = \text{Diameter luar pipa}$$

$$= \mathbf{139,8 \text{ mm}}$$

$$P_c = \text{Ketentuan tekanan (BKI 2000 Sec. 11. table 11.1)}$$

$$= \mathbf{16 \text{ Bar}}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{perm}} &= \text{Toleransi tegangan max} \\ &= \mathbf{80 \text{ N/mm}^2} \text{ (BKI 2000 Sec. 11. C 2.3.3)}\end{aligned}$$

$$V = \text{Faktor efisiensi} = \mathbf{1,00}$$

$$c = \text{Faktor korosi sea water lines} = \mathbf{3,00}$$

$$b = 0$$

$$S_o = \frac{(139,8 \times 16)}{(20 \times 80 \times 1) + 16} = \mathbf{1,38 \text{ mm}}$$

maka :

$$\begin{aligned}S &= 1,38 \text{ mm} + 3 \text{ mm} + 0 \\ &= \mathbf{4,38 \text{ mm}} \text{ (Menurut table JIS = 5 mm)}\end{aligned}$$

Kapasitas Pompa Bilga Utama (Berdasarkan BKI 2000 Sec.11 C. 3.1)

$$\begin{aligned}Q &= 5,75 \times 10^{-3} \times d_H^2 \\ &= 5,75 \times 10^{-3} \times 125^2 \\ &= \mathbf{89,8 \text{ m}^3 / \text{jam}}\end{aligned}$$

Dimana :

$$\begin{aligned}Q &= \text{Kapasitas air ballast diijinkan dengan 1 buah pompa + 1 cadangan} \\ &= \mathbf{89,8 \text{ m}^3 / \text{jam}}\end{aligned}$$

2. Pipa Bilga Cabang

➤ Perhitungan Diameter Pipa (Berdasarkan BKI 2000 Sec.11 N 2.2)

$$d_z = 2,15 \sqrt{1 \times (B + H)} + 25 \text{ (mm)}$$

$$\begin{aligned}l &= \text{Panjang kompartemen yang kedap air} \\ &= 86,20 \text{ m}\end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}d_z &= 2,15 \sqrt{86,20 \times (18,00 + 8,60)} + 25 \text{ (mm)} \\ &= 127,95 \text{ mm (diambil 125 mm)} \\ &= \mathbf{5 \text{ “}} \text{ (Menurut table JIS = 125 mm)}\end{aligned}$$

➤ Perhitungan tebal pipa cabang (Berdasarkan BKI 2000 Sec.11 C 2.1)

$$S = S_o + c + b \text{ (mm)}$$

Dimana :

$$S_o = \frac{(d_a \times P_c)}{(20 \times \sigma_{perm} \times V) + P_c}$$

$$\begin{aligned} d_a &= \text{Diameter luar pipa} \\ &= \mathbf{139,80 \text{ mm}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_c &= \text{Ketentuan tekanan (BKI 2000 Sec. 11. table 11.1)} \\ &= \mathbf{16 \text{ Bar}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{perm} &= \text{Toleransi tegangan max} \\ &= \mathbf{80 \text{ N/mm}^2} \text{ (BKI 2000 Sec. 11. C 2.3.3)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= \text{Faktor efisiensi} \\ &= \mathbf{1,00} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= \text{Faktor korosi sea water lines} \\ &= \mathbf{3,00} \end{aligned}$$

$$b = \mathbf{0}$$

$$\begin{aligned} S_o &= \frac{(139,80 \times 16)}{(20 \times 80 \times 1) + 16} \\ &= \mathbf{1,384 \text{ mm}} \end{aligned}$$

maka :

$$\begin{aligned} S &= 1,384 \text{ mm} + 3 \text{ mm} + 0 \\ &= \mathbf{4,384 \text{ mm}} \text{ (Menurut table JIS = 3,8 mm)} \end{aligned}$$

3. Pipa Ballast

Diameter pipa ballast sesuai dengan perhitungan kapasitas tangki air ballast yaitu:

$$\text{Volume Tangki Air Ballast} = \mathbf{1138,048 \text{ m}^3}$$

$$\text{Berat Jenis Air Laut} = 1,025 \text{ ton / m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas tangki air ballast} &= V \times \text{BJ air laut} \\ &= 1138,048 \times 1,025 = \mathbf{1166,499 \text{ ton}} \end{aligned}$$

Berdasarkan table didapatkan harga sebesar **200 mm**

Diambil 200 mm = 8 “

Kapasitas Pompa Bilga Utama (Berdasarkan BKI 2000 Sec. 11 C. 3.1)

$$\begin{aligned} Q &= 5,75 \times 10^{-3} \times d_H^2 \\ &= 5,75 \times 10^{-3} \times 200^2 \end{aligned}$$

$$= 1840 \text{ m}^3 / \text{jam}$$

Dimana :

$$Q = \text{Kapasitas air ballast diijinkan dengan 1 buah pompa + 1 cadangan} \\ = 1840 \text{ m}^3 / \text{jam}$$

➤ Perhitungan tebal pipa ballast (Berdasarkan BKI 2000 Sec.11 C 2.1)

$$S = S_o + c + b \text{ (mm)}$$

Dimana :

$$S_o = \frac{(d_a \times P_c)}{(20 \times \sigma_{perm} \times V) + P_c}$$

$$d_a = \text{Diameter luar pipa} = \mathbf{216,3 \text{ mm}}$$

$$P_c = \text{Ketentuan tekanan (BKI 2000 Sec. 11. table 11.1)} \\ = \mathbf{16 \text{ Bar}}$$

$$\sigma_{perm} = \text{Toleransi tegangan max} \\ = \mathbf{80 \text{ N/mm}^2} \text{ (BKI 2000 Sec. 11. C 2.3.3)}$$

$$V = \text{Faktor efisiensi} = \mathbf{1,00}$$

$$c = \text{Faktor korosi sea water lines} = \mathbf{3,00}$$

$$b = \mathbf{0}$$

$$S_o = \frac{(216,3 \times 16)}{(20 \times 80 \times 1) + 16} \\ = \mathbf{2,14 \text{ mm}}$$

maka :

$$S = 2,14 \text{ mm} + 3 \text{ mm} + 0 \\ = \mathbf{5,14 \text{ mm}} \text{ (Menurut table JIS = 5,8 mm)}$$

4. Pipa Bahan Bakar

Sesuai dengan perhitungan pada Rencana Umum (RU) maka dibutuhkan untuk mesin induk dan mesin Bantu adalah :

$$\text{BHP Mesin Induk} = 3000 \text{ HP}$$

$$\text{BHP Mesin Bantu} = 20 \% \times 3000 \\ = \mathbf{600 \text{ HP}}$$

$$\text{Sehingga BHP total} = \text{BHP AE} + \text{BHP ME} \\ = 600 + 3000$$

$$= \mathbf{3600 \text{ HP}}$$

- a. Kebutuhan bahan bakar (Q_{b1})

Jika 1 HP dimana koefisien pemakaian bahan bakar dibutuhkan (0,17 – 0,18) Kg/Hp/Jam, diambil 0,17Kg/Hp/Jam.

$$\text{BHP total} = 3600 \text{ HP}$$

$$\text{Kebutuhan Bahan Bakar} = 0,17 \text{ Kg/Hp/Jam} \times 3600$$

$$= 612 \text{ Kg/jam}$$

$$= \mathbf{0,612 \text{ Ton/jam}}$$

- b. Kebutuhan bahan bakar tiap jam (Q_{b1})

$$\text{Spesifikasi bahan bakar} = 1,25 \text{ m}^3/\text{ton}$$

$$Q_{b1} = \text{Kebutuhan bahan bakar} \times \text{Spesifik volume berat bahan bakar}$$

$$= 0,612 \times 1,25$$

$$= \mathbf{0,765 \text{ m}^3 / \text{h}}$$

- c. Direncanakan pengisian tangki bahan bakar tiap 12 jam

Sehingga volume tangki

$$V = Q_{b1} \times h \text{ m}^3$$

$$= 0,765 \times 12$$

$$= \mathbf{9,180 \text{ m}^3}$$

- d. Pengisian tangki harian diperlukan waktu 1 jam, maka kapasitas pompa dari tangki bahan bakar ke tangki harian :

$$Q_{b2} = \frac{V}{1 \text{ Jam}}$$

$$= \frac{9,180}{1 \text{ Jam}}$$

$$= \mathbf{9,180 \text{ m}^3/\text{jam}}$$

- e. Diameter pipa dari tangki harian menuju mesin :

$$d = \sqrt{\frac{Q_{b1}}{5,75 \times 10^{-3}}}$$

$$= \sqrt{\frac{0,765}{0,00575}}$$

$$= \mathbf{11,534 \text{ mm}} \text{ (diambil 15 mm)}$$

$$= 1\frac{1}{2} \text{ " (Menurut tabel JIS = 15 mm)}$$

Perhitungan tebal pipa dari tangki harian menuju mesin :

$$S = S_o + c + b \text{ (mm) (Berdasarkan BKI 2000 Sec.11 C 2.1)}$$

Dimana :

$$S_o = \frac{(d_a \times P_c)}{(20 \times \sigma_{perm} \times V) + P_c}$$

d_a = Diameter luar pipa

$$= 21,7 \text{ mm}$$

P_c = Ketentuan tekanan (BKI 2000 Sec. 11. table 11.1)

$$= 16 \text{ Bar}$$

σ_{perm} = Toleransi tegangan max

$$= 80 \text{ N/mm}^2 \text{ (BKI 2000 Sec. 11. C 2.3.3)}$$

V = Faktor efisiensi = 1,00

c = Faktor korosi sea water lines = 3,00

$$b = 0$$

$$S_o = \frac{(21,7 \times 16)}{(20 \times 80 \times 1) + 16}$$

$$= 0,21 \text{ mm}$$

maka :

$$S = 0,21 \text{ mm} + 3 \text{ mm} + 0$$

$$= 3,21 \text{ mm (Menurut table JIS = 3,2 mm)}$$

f. Diameter pipa dari tangki bahan bakar menuju tangki harian

$$d = \sqrt{\frac{Q b_2}{5,75 \times 10^{-3}}}$$

$$= \sqrt{\frac{9,180}{0,00575}}$$

$$= 39,956 \text{ mm (diambil 40 mm)}$$

$$= 1\frac{1}{2} \text{ " (Menurut tabel JIS = 40 mm)}$$

Perhitungan tebal pipa dari tangki bahan bakar menuju tangki mesin

$$S = S_o + c + b \text{ (mm) (Berdasarkan BKI 2000 Sec.11 C 2.1)}$$

Dimana :

$$S_o = \frac{(d_a \times P_c)}{(20 \times \sigma_{perm} \times V) + P_c}$$

$$\begin{aligned} d_a &= \text{Diameter luar pipa} \\ &= \mathbf{48,6 \text{ mm}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_c &= \text{Ketentuan tekanan (BKI 2000 Sec. 11. table 11.1)} \\ &= \mathbf{16 \text{ Bar}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{perm} &= \text{Toleransi tegangan max} \\ &= \mathbf{80 \text{ N/mm}^2} \text{ (BKI 2000 Sec. 11. C 2.3.3)} \end{aligned}$$

$$V = \text{Faktor efisiensi} = \mathbf{1,00}$$

$$c = \text{Faktor korosi sea water lines} = \mathbf{3,00}$$

$$b = \mathbf{0}$$

$$S_o = \frac{(48,6 \times 16)}{(20 \times 80 \times 1) + 16} = 0,48 \text{ mm}$$

maka :

$$\begin{aligned} S &= 0,48 \text{ mm} + 3 \text{ mm} + 0 \\ &= \mathbf{3,48 \text{ mm}} \text{ (Menurut table JIS = 3,5 mm)} \end{aligned}$$

5. Pipa Minyak Lumas

Diameter pipa minyak lumas sesuai dengan perhitungan kapasitas tangki minyak lumas yaitu :

$$\text{Volume Tangki Minyak Lumas} = \mathbf{2,592 \text{ m}^3}$$

$$\text{Berat Jenis minyak} = 1,25 \text{ ton / m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas tangki minyak lumas} &= V \times \text{BJ minyak} \\ &= 2,592 \times 1,25 \\ &= \mathbf{3,240 \text{ ton}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_s &= \text{Kapasitas minyak lumas, direncanakan 15 menit} = \frac{1}{4} \text{ jam} \\ &= \frac{3,240}{0,25} = \mathbf{12,96} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= \sqrt{\frac{Q_s}{5,75 \times 10^{-3}}} \\ &= \sqrt{\frac{12,96}{0,00575}} \\ &= \mathbf{47,475 \text{ mm}} \text{ (diambil 50 mm)} \end{aligned}$$

$$= 2 \text{ " (Menurut tabel JIS = 50 mm)}$$

Kapasitas Pompa Minyak Lumas

$$\begin{aligned} Q &= 5,75 \times 10^{-3} \times d_H^2 \\ &= 5,75 \times 10^{-3} \times 50^2 \\ &= \mathbf{14,375 \text{ m}^3 / \text{jam}} \end{aligned}$$

Perhitungan tebal pipa minyak lumas

$$S = S_o + c + b \text{ (mm)}$$

Dimana :

$$S_o = \frac{(d_a \times P_c)}{(20 \times \sigma_{perm} \times V) + P_c}$$

d_a = Diameter luar pipa

$$= \mathbf{60,5 \text{ mm}}$$

P_c = Ketentuan tekanan (BKI 2000 Sec. 11. table 11.1)

$$= \mathbf{16 \text{ Bar}}$$

σ_{perm} = Toleransi tegangan max

$$= \mathbf{80 \text{ N/mm}^2} \text{ (BKI 2000 Sec. 11. C 2.3.3)}$$

V = Faktor efisiensi = **1,00**

c = Faktor korosi sea water lines = **3,00**

b = **0**

$$S_o = \frac{(60,5 \times 16)}{(20 \times 80 \times 1) + 16}$$

$$= \mathbf{0,605 \text{ mm}}$$

maka :

$$S = 0,605 \text{ mm} + 3 \text{ mm} + 0$$

$$= \mathbf{3,605 \text{ mm}} \text{ (Menurut table JIS = 4,2 mm)}$$

6. Pipa Air Tawar

Diameter pipa air tawar sesuai dengan perhitungan kapasitas tangki air tawar yaitu

$$\text{Volume Tangki Air Tawar} = \mathbf{23,013 \text{ m}^3}$$

$$\text{Berat Jenis Air Tawar} = 1,000 \text{ ton} / \text{m}^3$$

$$\text{Kapasitas tangki air tawar} = V \times BJ \text{ air}$$

$$= 23,013 \times 1,000 = \mathbf{23,013 \text{ ton}}$$

Berdasarkan tabel didapat harga sebesar **65 mm = 2 1/2 “**

Kapasitas Pompa Air Tawar

$$\begin{aligned} Q &= 5,75 \times 10^{-3} \times d_H^2 \\ &= 5,75 \times 10^{-3} \times 65^2 \\ &= \mathbf{24,29 \text{ m}^3 / \text{jam}} \end{aligned}$$

i. Perhitungan tebal pipa air tawar

$$S = S_o + c + b \text{ (mm)}$$

Dimana :

$$S_o = \frac{(d_a \times P_c)}{(20 \times \sigma_{perm} \times V) + P_c}$$

$$\begin{aligned} d_a &= \text{Diameter luar pipa} \\ &= \mathbf{76,3 \text{ mm}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_c &= \text{Ketentuan tekanan (BKI 2000 Sec. 11. table 11.1)} \\ &= \mathbf{16 \text{ Bar}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{perm} &= \text{Toleransi tegangan max} \\ &= \mathbf{80 \text{ N/mm}^2} \text{ (BKI 2000 Sec. 11. C 2.3.3)} \end{aligned}$$

$$V = \text{Faktor efisiensi} = \mathbf{1,00}$$

$$c = \text{Faktor korosi sea water lines} = \mathbf{3,00}$$

$$b = \mathbf{0}$$

$$\begin{aligned} S_o &= \frac{(76,3 \times 16)}{(20 \times 80 \times 1) + 16} \\ &= \mathbf{0,76 \text{ mm}} \end{aligned}$$

maka :

$$\begin{aligned} S &= 0,76 \text{ mm} + 3 \text{ mm} + 0 \\ &= \mathbf{3,76 \text{ mm}} \text{ (Menurut table JIS = 4,2 mm)} \end{aligned}$$

7. Pipa Udara dan Pipa Duga

- a. Pipa udara dipasang pada setiap tangki yang terletak pada dasar ganda. Untuk dasar ganda yang berisi air, diameter minimum dari pipa udara adalah 100 mm (4 “) dengan ketebalan 3,2 mm. Untuk dasar ganda yang berisi bahan bakar, diameter minimum dari pipa udara adalah 100 mm (4 “).

- b. Pipa duga dipasang pada tangki bahan bakar, tangki air tawar dan tangki ballast. Pipa duga direncanakan mempunyai diameter sebesar 65 mm (2,5 “).

8. Pipa Sanitari dan Pipa Sewage

- a. Pipa sanitair berdiameter antara **50 – 150 mm**, direncanakan diameter pipa sanitair adalah **80 mm (3 “)** dengan ketebalan **4,2 mm**.
- b. Pipa sewage (pipa buangan air tawar) direncanakan dengan diameter **100 mm (4 “)** dengan ketebalan **4,5 mm**.

9. Deflektor atau Pipa Udara Ruang Mesin

- a. Deflektor pemasukan pada ruang mesin

$$d_4 = \sqrt{\frac{V_4 \times n \times \gamma^0}{900 \times \pi \times v \times \lambda^1}} + 0,05$$

Dimana :

d_4 = Diameter deflektor

V_4 = Volume ruang muat Kamar mesin : **851,057 m³**

v = Kecepatan udara yang melewati ventilasi
= (2,2 – 4 m/det) : **2,50 m/det**

γ^0 = Density udara bersih : **1 kg/m³**

γ^1 = Density udara dalam ruangan : **1 kg/m³**

n = Banyaknya pergantian udara tiap jam : **15 m³/jam**

Maka :

$$d_4 = \sqrt{\frac{851,057 \times 15 \times 1}{900 \times 3,14 \times 2,5 \times 1}} + 0,05$$

$$= \mathbf{1,86 \text{ m}}$$

$$r = \frac{1}{2} \times d$$

$$= 0,5 \times 1,86$$

$$= \mathbf{0,93 \text{ m}}$$

Luas lingkaran deflektor

$$L = \pi \times r^2$$

$$= 3,14 \times (0,93)^2$$

$$= \mathbf{2,707 \text{ m}^2}$$

Menggunakan 2 buah deflektor pemasukan

Jadi luas 1 buah deflektor

$$\begin{aligned} L_d &= \frac{1}{2} \times L \\ &= 0,5 \times 2,707 \\ &= \mathbf{1,353 \text{ m}^2} \end{aligned}$$

Jadi diameter satu lubang deflektor

$$\begin{aligned} d_4 &= \sqrt{\frac{L_d}{1/4 \times \pi}} \\ &= \sqrt{\frac{1,353}{1/4 \times 3,14}} \\ &= \mathbf{1,313 \text{ m}} \end{aligned}$$

Ukuran deflektor pemasukan pada ruang mesin

$$\begin{aligned} d_4 &= 1,313 \text{ m} \\ a &= 0,16 \times d_4 : 0,16 \times 1,313 : \mathbf{0,210} \\ b &= 0,3 \times d_4 : 0,3 \times 1,313 : \mathbf{0,394} \\ c &= 1,5 \times d_4 : 1,5 \times 1,313 : \mathbf{1,969} \\ r &= 1,25 \times d_4 : 1,25 \times 1,313 : \mathbf{1,641} \\ e_{\min} &= 0,4 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Deflektor pengeluaran pada ruang mesin

$$\begin{aligned} d_4 &= 1,313 \text{ m} \\ a &= 2 \times d_4 : 2 \times 1,313 : \mathbf{2,626} \\ b &= 0,25 \times d_4 : 0,25 \times 1,313 : \mathbf{0,328} \\ c &= 0,6 \times d_4 : 0,6 \times 1,313 : \mathbf{0,788} \\ e_{\min} &= 0,4 \text{ m} \end{aligned}$$

W. Komponen-komponen Dalam Sistem Pipa

1. Separator

Fungsi separator untuk memisahkan minyak dengan air. Prinsip terjadinya adalah dalam separator terdapat poros dan mangkok-mangkok yang berhubungan dengan tepi-tepinya. Setelah minyak yang tercampur dengan air masuk ke separator maka mangkok-mangkok tersebut akan berputar bersama padanya. Dengan perbedaan massa jenisnya maka air akan keluar

melalui pembuangan sedangkan minyak akan masuk melalui lubang-lubang pada mangkok yang selanjutnya akan ditampung ketangki harian.



2. Hydrosphore

Dalam Hydrosphore terdapat empat bagian dimana $\frac{3}{4}$ nya berisi air sedangkan $\frac{1}{4}$ nya berisi udara dengan tekanan 3 kg/cm^2 , maka Hydrosphore akan bekerja mendistribusikan masing-masing keruang mesin-mesin kemudi dan geladak dengan bantuan kompresor otomatis.



3. Cooler

Fungsi dari Cooler adalah sebagai pendingin yang bagian dalamnya terdapat pipa kecil untuk masuknya air laut sebagai pendingin minyak masuk melalui celah pipa air laut yang masuk secara terus menerus.

Dengan demikian minyak akan selalu dingin sebelum masuk keruang mesin (ME dan AE).



4. Purifier

Secara prinsip sama dengan separator yaitu sebagai pemisah antara minyak dengan air. Hanya dengan purifier kotoran yang telah dipisahkan akan dibuang pada saat kapal mengadakan pengedokan atau bersandar di pelabuhan untuk menghindari pencemaran lingkungan.



c. Strainer / Filter

Fungsi dari alat-alat ini sebagai jaringan yang bagian dalamnya terdapat busa penyaring.



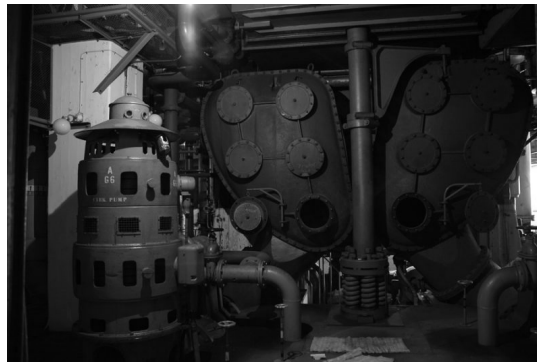
d. Botol Angin dan Sea Chest

Fungsinya apabila kotak lautnya terdapat banyak kotoran atau binatang laut, botol angin akan menyemburkan udara yang bertekanan kedalam kotak laut tersebut.



e. Kondensator pada Instalasi Pendingin

Fungsinya adalah untuk mengubah uap air menjadi air untuk keperluan pendingin.



8. Sprinkle

Sprinkle adalah alat yang menggantung di langit-langit tiap deck, dengan sistem perpipaan yang menyebar di tiap deck. Sprinkle merupakan alat detector otomatis yang mendeteksi adanya asap dan api di bagian tertentu.

9. Emergency Fire Pump

Emergency fire pump, wajib ada di kapal, dan diletakkan di luar kamar mesin. Emergency fire pump harus berdiri independent, dan menggunakan sumber energi sendiri. Emergency fire pump dapat diletakkan di steering gear room, atau dekat dengan akses jalan dari ruang akomodasi ke kamar mesin.

X. PERHITUNGAN SEA CHEST**1. Perhitungan Displacement****a. Volume Badan Kapal Dibawah Garis Air (V)**

$$\begin{aligned} V &= L_{pp} \times B \times T \times C_b \\ &= 88,40 \times 12,6 \times 5,84 \times 0,71 \\ V &= 4618,426 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

b. Displacement

$$D = V \times \gamma \times C \text{ ton}$$

Dimana :

$$V = \text{Volume badan kapal} : 4618,426 \text{ m}^3$$

$$\gamma = \text{Berat jenis air laut} : 1,025 \text{ Ton/m}^3$$

$$C = \text{Coefisien berat jenis} : 1,004$$

Jadi :

$$\begin{aligned} D &= V \times \gamma \times C \text{ ton} \\ &= 4618,426 \times 1,025 \times 1,004 \end{aligned}$$

$$D = 4752,822 \text{ Ton}$$

2. Diameter Dalam Pipa

Kapasitas tangki antara 10% - 17% D

(Ref : 6.13 Diktat SDK Hal 31 ITS Th. 1982)

Direncanakan 15% D :

$$d = 15\% \times 4752,822$$

$$= 712,923 \text{ ton}$$

berdasarkan tabel didapat diameter pipa sebesar 150 mm.

3. Perhitungan Tebal Plat Sea Chest

Tebal plat sea chest tidak boleh kurang dari :

$$T = 12 \times a \sqrt{P \times k} + t_k \quad (\text{mm})$$

(Ref : 6.14. BKI Th.2006 Vol. II Sec. 8.B.5.3)

Dimana :

$$P = 2 \text{ Mws}$$

$$a = 0,6 \text{ m}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} T &= 12 \times 0,6 \times \sqrt{2 \times 1} + 1,5 \\ &= 11,682 \text{ mm} \end{aligned}$$

4. Modulus Penegar Kotak Sea Chest

$$W = k \times 56 \times a \times p \times l^2 \text{ cm}^3$$

(Ref : 6.15. BKI Th.2006 Vol. II Sec. 8.B.5.3.1)

$$\begin{aligned} &= 1 \times 56 \times 0,6 \times 2 \times (2,4)^2 \\ &= 387,072 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

5. Perhitungan Lubang Sea Chest

a. Luas Penampang Pipa

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{4} \pi r^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 100^2 \\ &= 7850 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

b. Luas Penampang Sea Greeting

$$\begin{aligned} A_1 &= 2 \times A \\ &= 2 \times 7850 \\ &= 15700 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

c. Jumlah lubang sea greating direncanakan 16 buah maka luas tiap lubang sea greating :

$$\begin{aligned} a &= A_1 / 16 \\ &= 15700 / 16 = 981,25 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

d. Bentuk lubang direncanakan persegi dengan panjang 80 mm maka:

$$L = a/p$$
$$= 981,25 / 80 = 12,266 \text{ mm} = 13 \text{ mm}$$

e. Ukuran kisi-kisi sea greating

Panjang (P) = 80 mm dan lebar (L) = 13 mm

Y. Gambar Produksi

Untuk memasang sistem instalasi pipa diatas kapal harus ada gambar produksi, yaitu gambar sistem instalasi pipa yang bisa diterapkan langsung di atas kapal. Ada dua macam gambar produksi.

1. Arrangement Pipe

Yang dimaksud *arrangement pipe* adalah gambar sistem instalasi pipa yang sudah berorientasi pada posisi pipa diletakkan. Jadi, posisi pipa sudah bisa ditentukan jaraknya terhadap sekat kedap (*bulkhead*) dan alas ganda (*double bottom*).

Di dalam gambar *arrangement* ini kita sudah berorientasi pada satu kapal kecuali kamar mesin. Fungsi dari gambar *arrangement* ini adalah menerjemahkan gambar-gambar diagram dan berguna untuk instalasi pipa. Biasanya gambar-gambar *arrangement* dibagi berdasarkan lokasi misalnya *arrangement* pipa pada daerah ruang muat, *upper deck*, ruang akomodasi, dan lain-lain. Karena *arrangement pipe* berorientasi pada lokasi, maka di dalam satu gambar *arrangement pipa* bisa terdiri dari beberapa sistem.

2. Production drawing

Yang dimaksud dengan *production drawing* adalah gambar-gambar yang akan digunakan dalam memproduksi pada bengkel pipa. Gambar ini didapat dari gambar *arrangement* pipa yang dipecah berdasarkan blokblok yang sudah direncanakan.